

Aplikasi Buku Pintar Ruang Angkasa sebagai Media Pembelajaran berbasis Augmented Reality

Farid Maulana Yusuf¹, Rohman Dijaya^{1,*}, Mochamad Alfian Rosid¹, Cindy Taurusta¹

¹ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

* Correspondence: rohman.dijaya@umsida.ac.id

Copyright: © 2025 by the authors

Received: 1 Februari 2025 | Revised: 10 Februari 2025 | Accepted: 18 Maret 2025 | Published: 14 April 2025

Abstrak

Pembelajaran ruang angkasa masih didominasi oleh buku tradisional, tetapi sering dianggap monoton karena hanya menyajikan teks dan gambar statis. Penelitian ini bertujuan mengembangkan Buku Pintar Ruang Angkasa berbasis *Augmented Reality* (AR) sebagai media pembelajaran interaktif untuk menyajikan konsep ruang angkasa secara lebih visual dan menarik. Metode yang digunakan adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), yang terdiri dari enam tahap: konseptualisasi, perancangan aplikasi, pengumpulan bahan, pembangunan aplikasi, pengujian aplikasi, dan pendistribusian aplikasi. Aplikasi ini dikembangkan menggunakan Unity 3D pada perangkat Android dengan metode *marker-based tracking*, yang menampilkan objek 3D seperti Tata Surya, Galaksi, Bintang, dan Antariksa yang dilengkapi materi penjelasan interaktif. Pengujian dilakukan melalui black box testing untuk menilai fungsionalitas sistem serta uji usability dan studi lapangan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal. Hasil temuan kami adalah berupa aplikasi Buku Pintar Ruang Angkasa berbasis Augmented Reality (AR) yang dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan dan diterapkan sebagai media pembelajaran interaktif berbasis AR. Hasil pengujian dari aplikasi ini memberikan alternatif dalam penyajian materi ruang angkasa secara lebih visual dan interaktif serta berpotensi diterapkan di berbagai jenjang pendidikan.

Kata kunci: 3d; *augmented reality*; buku pintar; pembelajaran interaktif; ruang angkasa

Abstract

Space learning is still dominated by traditional books, but is often considered monotonous because it only presents static text and images. This study aims to develop a Smart Space Book based on Augmented Reality (AR) as an interactive learning media to present space concepts more visually and attractively. The method used is the *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), which consists of six stages: conceptualization, application design, material collection, application development, application testing, and application distribution. This application was developed using Unity 3D on Android devices with the *marker-based tracking* method, which displays 3D objects such as the Solar System, Galaxy, Stars, and Space equipped with interactive explanatory materials. Testing was carried out through black box testing to assess system functionality as well as usability tests and field studies at Aisyiyah Bustanul Athfal Kindergarten. The results of our findings are in the form of a Smart Space Book application based on Augmented Reality (AR) which can function well according to the design that has been determined and is applied as an interactive AR-based learning media. The test results of this application provide an alternative in presenting space material more visually and interactively and have the potential to be applied at various levels of education.

Keywords: 3d; *augmented reality*; smart book; interactive learning; space



PENDAHULUAN

Ruang angkasa adalah wilayah luas di luar atmosfer bumi yang terdiri dari kehampaan hampir total (Sentarik & Kusmariyanti, 2020). Dalam pembelajaran, ruang angkasa mencakup kajian tentang benda langit, Tata Surya, galaksi, dan fenomena astronomi, termasuk pergerakan planet, hukum gravitasi, sifat bintang, serta eksplorasi luar angkasa yang memperluas wawasan siswa tentang alam semesta. Buku menjadi sumber utama pembelajaran, namun memiliki keterbatasan dalam visualisasi objek dan fenomena kompleks (Dermawan & Yuliane, 2020). Kurangnya interaktivitas dan representasi tiga dimensi membuat siswa sulit memahami konsep abstrak, sehingga diperlukan media pembelajaran yang lebih interaktif untuk meningkatkan pemahaman siswa (Rahmaningtyas & Haryadi, 2022).

Pembelajaran ruang angkasa melalui buku menggunakan metode klasik yang terpaku pada materi tertulis (Rachim et al., 2024). Buku hanya menyajikan visualisasi ruang angkasa dalam bentuk teks dan gambar statis sehingga sulit dipahami secara mendalam (Purwati et al., 2020). Akibatnya, pembelajaran ini menghasilkan pengalaman belajar yang monoton karena kurangnya interaktivitas yang membatasi pemahaman siswa. Bahkan UNESCO mencatat bahwa Indonesia berada di peringkat kedua terendah dalam hal membaca buku, hanya 0,001% dari total populasi yang aktif membaca (Havisa et al., 2021), sejalan dengan laporan PISA dan World's Most Literate Nations yang menempatkan literasi Indonesia pada peringkat rendah. Hal ini menunjukkan urgensi pendekatan pembelajaran yang berbeda, terutama untuk materi kompleks seperti ruang angkasa.

Sebagai solusi, teknologi *Augmented Reality* (AR) dapat diterapkan dalam pembelajaran ruang angkasa untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional. AR adalah teknologi visual yang mengintegrasikan elemen digital, seperti gambar, objek 3D, dan suara, ke dalam dunia nyata secara langsung (Alparizi & Sutarman, 2023; Syahidi et al., 2021), sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik (Amalia et al., 2022; Ilham & Asriningtias, 2023; Lestari et al., 2023). Teknologi ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi langsung dengan materi pembelajaran melalui perangkat seperti komputer, *smartphone*, dan kacamata AR (Achmad et al., 2020; Fidela & Sejati, 2023). Selain itu, AR juga memungkinkan integrasi elemen digital yang memperkaya lingkungan fisik pengguna (Jastradaf & Asriningtias, 2023; Putri et al., 2023), sehingga dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep abstrak dalam pembelajaran ruang angkasa (Fitria, 2023). Oleh karena itu, implementasi AR dalam pembelajaran ruang angkasa dapat menjadi alternatif inovatif yang tidak hanya meningkatkan keterlibatan siswa tetapi juga membantu mereka memahami materi yang kompleks dengan cara yang lebih menarik dan efektif (Rofi et al., 2023).

Pembelajaran ruang angkasa dengan teknologi AR menawarkan pengalaman belajar yang lebih nyata. Siswa dapat merangsang imajinasi dan mendorong kemampuan berpikir kritis melalui interaksi langsung dengan objek-objek 3D planet serta elemen ruang angkasa lainnya (Azizah & Sejati, 2023). Teknologi ini memungkinkan eksplorasi ruang angkasa menjadi lebih visual (Paembonan & Ikhsan, 2021), sehingga dapat meningkatkan pemahaman siswa secara signifikan (Naba et al., 2022). Dengan tingginya penggunaan *smartphone* dalam aktivitas sehari-hari, integrasi teknologi berbasis AR dengan perangkat tersebut memungkinkan visualisasi konsep abstrak yang lebih mudah dipahami (Untari et al., 2022). Dalam pembelajaran ruang angkasa, aplikasi AR dapat menghadirkan simulasi gerakan planet, struktur Tata Surya dalam format tiga dimensi, hingga penjelasan interaktif mengenai fenomena astronomi. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut dalam pembelajaran yang memanfaatkan teknologi inovatif ini (Tohir et al., 2024).

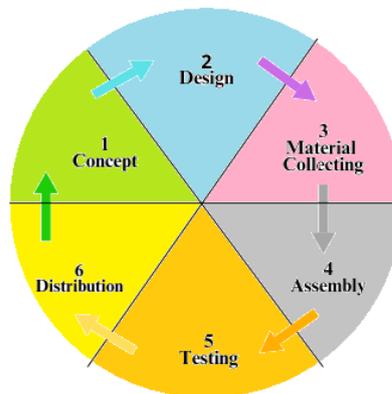
Pada berbagai penelitian sebelumnya, seperti Santi et al. (2022) dan Astuti & Mahardika (2021) pengembangan aplikasi ruang angkasa berbasis AR terbatas pada hanya beberapa objek 3D seperti planet saja dan hanya berupa aplikasi tanpa alat bantu. Penelitian ini berfokus pada interaksi siswa dengan objek 3D ruang angkasa yang dipadukan dengan buku berisi penjelasan

dan *marker* untuk dipindai. *Marker* dirancang dengan pola visual unik dan kontras tinggi agar mudah dikenali, dengan variabel pengujian meliputi akurasi deteksi, stabilitas objek, dan waktu respons perangkat. Melalui metode *marker-based tracking* ini, siswa diharapkan dapat memahami karakteristik ruang angkasa secara lebih mendalam serta meningkatkan kemampuan eksplorasi visual dan berpikir kritis.

Tujuan penelitian kami adalah untuk membangun aplikasi buku pintar ruang angkasa berbasis AR yang terintegrasi dengan buku pintar sebagai media pembelajaran interaktif. Aplikasi ini dirancang untuk memperdalam pemahaman siswa terhadap konsep ruang angkasa melalui visualisasi 3D dan deskripsi materi yang mendukung. Dengan teknologi *marker-based tracking*, siswa dapat berinteraksi dengan objek 3D Tata Surya, Galaksi, Bintang, dan Antariksa secara langsung, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman mereka terhadap materi yang kompleks.

METODE

Penelitian ini menerapkan metode Luther atau *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), yang terdiri dari enam tahap: *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Tahapan ini fleksibel, kecuali konseptualisasi yang harus diselesaikan terlebih dahulu (Maulana et al., 2022). MDLC diterapkan dalam pengembangan aplikasi Buku Pintar Ruang Angkasa berbasis AR menggunakan Unity 3D dan Vuforia SDK dengan metode *marker-based tracking*. Aplikasi ini memungkinkan pengguna memindai *marker* pada buku untuk menampilkan model 3D interaktif. Pengujian dilakukan dengan *black box* untuk fungsionalitas sistem dan uji usability di TK Aisyiyah Bustanul Athfal guna mengukur efektivitasnya sebagai media pembelajaran interaktif.



Gambar 1. Metode mdlc

Pada gambar 1, Proses pengembangan metode MDLC diawali dengan tahap konseptualisasi (*concept*) untuk mengidentifikasi keterbatasan pembelajaran ruang angkasa yang masih bergantung pada teks dan gambar statis. Analisis kebutuhan melalui survei dan wawancara dengan siswa SD menunjukkan kesulitan dalam memahami konsep abstrak seperti pergerakan planet dan karakteristik benda langit. Pada tahap perancangan (*design*), dibuat flowchart yang menggambarkan alur interaksi aplikasi. Pengumpulan bahan (*material collecting*) melibatkan penggunaan laptop untuk pengembangan, smartphone untuk uji coba, serta perangkat lunak seperti Unity 3D, Vuforia SDK, dan Canva. Buku Ruang Angkasa (Hartanti & Kurniawan, 2022) digunakan sebagai referensi materi, sementara tekstur objek 3D dikembangkan dengan Blender. Data dari analisis kebutuhan memastikan aplikasi mendukung pembelajaran interaktif dan visual sesuai dengan kebutuhan siswa SD.

Setelah tahap *material collecting* disiapkan, dilanjutkan dengan tahap pembuatan (*assembly*) kami membangun aplikasi AR Ruang Angkasa menggunakan Unity 3D sebagai

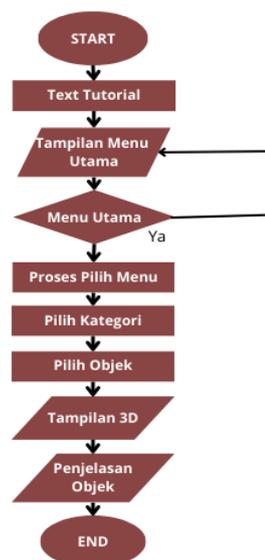
platform pengembangan utama dan Vuforia SDK untuk mengintegrasikan *marker*. Kami merancang menu aplikasi dan membuat objek 3D planet yang dilengkapi fitur interaktif, seperti kemampuan rotasi otomatis, *zoom*, dan animasi sederhana untuk memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif. Tekstur objek 3D planet diperoleh dari Blender dan dimodifikasi sesuai kebutuhan visual pembelajaran. Setelah aplikasi berhasil dikembangkan, pengujian dilakukan menggunakan metode black-box testing untuk memastikan fungsi aplikasi sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan.

Pengujian (*testing*) aplikasi menilai kompatibilitas perangkat android, akurasi deteksi *marker* dalam berbagai pencahayaan, dan stabilitas tampilan 3D (Cahyono & Saputra, 2023). menggunakan blackbox testing untuk menguji masukan dan keluaran dari aplikasi Pengujian dengan *black box* bertujuan untuk mengetahui apakah aplikasi dapat berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan Pengujian ini mencakup seluruh aspek fungsional aplikasi. Kendala meliputi deteksi *marker* kurang optimal dalam cahaya redup dan lag pada perangkat rendah spesifikasi. Pada tahap distribusi (*distribusion*), aplikasi disimpan sebagai file APK *online* yang dapat di akses melalui barcode yang tersedia pada buku dan kemudian diterapkan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal dengan pelatihan bagi guru dan siswa, termasuk panduan pemindaian *marker* untuk pembelajaran optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Aplikasi buku pintar ruang angkasa dikembangkan sebagai media pembelajaran interaktif berbasis AR untuk membantu siswa memahami konsep ruang angkasa secara visual. Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan guru dan observasi pembelajaran di TK Aisyiyah Bustanul Athfal, yang menunjukkan bahwa metode konvensional masih kurang interaktif dan sulit dipahami siswa. Oleh karena itu, aplikasi ini menyajikan model 3D Tata Surya, Galaksi, Bintang, dan Antariksa menggunakan Unity 3D, Vuforia SDK, dan Blender serta dilengkapi fitur *marker-based tracking*, memungkinkan siswa memindai *marker* dalam buku untuk menampilkan objek 3D yang dapat dieksplorasi. Perancangan aplikasi didasarkan pada *flowchart* untuk memastikan setiap fitur mendukung proses pembelajaran, sehingga materi dapat disajikan secara lebih menarik dan interaktif dibandingkan metode konvensional.



Gambar 2. *Flowchart* aplikasi

Pada gambar 2 merupakan *flowchart* aplikasi AR Ruang Angkasa menggambarkan interaksi pengguna, dimulai dari Start, membuka aplikasi, dan melihat tampilan awal. Setelah

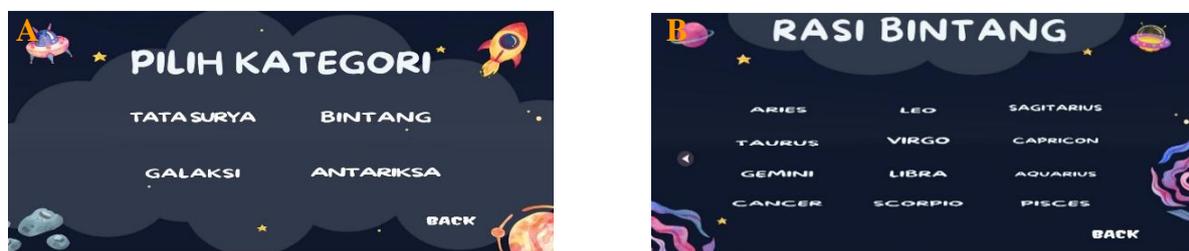
melewati halaman tutorial, pengguna masuk ke menu utama, yang berisi opsi eksplorasi, informasi aplikasi, panduan, dan tombol keluar. Dalam menu eksplorasi, pengguna memilih kategori seperti Tata Surya, Galaksi, Bintang, atau Astronomi, lalu memilih objek 3D, misalnya planet. Selanjutnya, pengguna diarahkan ke halaman pemindaian *marker*. Jika *marker* dikenali (akurasi 95%, waktu rata-rata 2,1 detik), objek 3D muncul dengan animasi, memungkinkan eksplorasi dari berbagai sudut dan akses penjelasan tambahan, navigasi, dan tampilan deskripsi, memastikan pengalaman belajar yang interaktif dan efektif.

Aplikasi di uji dan dilakukan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal dengan 15 siswa dan 3 guru. Hasil uji usability menunjukkan 87% siswa menyatakan aplikasi mudah digunakan, 80% menilai tampilan grafis menarik, dan 85% merasa terbantu dalam memahami konsep ruang angkasa. Observasi dan wawancara dengan guru menunjukkan peningkatan antusiasme siswa setelah menggunakan aplikasi, ditandai dengan keterlibatan aktif, peningkatan rasa ingin tahu, dan eksplorasi fitur interaktif. Sebelumnya, pembelajaran berbasis buku cetak membuat siswa kurang antusias dan pasif. Integrasi buku dengan AR memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif, memungkinkan siswa mengeksplorasi ruang angkasa melalui visualisasi 3D. Buku ini juga dilengkapi *barcode* untuk memudahkan akses aplikasi. Namun, kendala ditemukan pada pencahayaan rendah dan lag pada perangkat berspesifikasi rendah. Iterasi berikutnya akan meningkatkan deteksi *marker* dengan algoritma adaptif serta optimasi model 3D.



Gambar 3. Hasil tampilan *splash screen* (A) dan (B) tampilan menu utama

Pada gambar 3 (A) merupakan hasil tampilan *splash screen* adalah halaman pertama saat aplikasi dimulai. Kemudian Pada gambar 3 (B), adalah tampilan dari halaman menu utama yang menampilkan tombol Start untuk memilih kategori objek, tombol *about* untuk informasi aplikasi, tombol **panduan** untuk panduan tutorial penggunaan aplikasi, dan *exit* untuk keluar dari aplikasi.



Gambar 4. Hasil tampilan menu pilih kategori (A), dan (B) menu pilih objek

Hasil pada gambar 4 (A) adalah halaman yang menampilkan empat tombol kategori objek: **Tata Surya**, **Galaksi**, **Bintang**, dan **Astronomi**, serta tombol **Kembali** ke menu utama. Pada gambar 4 (B), halaman Pilih Objek muncul setelah pengguna memilih kategori. Untuk menampilkan objek, pengguna memilih salah satu yang tersedia. Tombol Kembali mengarah ke menu Pilih Kategori.

Pada tabel 1, disajikan hasil dari pengujian fitur aplikasi dilakukan menggunakan *black box* yang berfokus pada pengujian masukan dan keluaran tanpa melihat kode sumber. Pengujian ini dilakukan developer aplikasi untuk memastikan bahwa setiap fitur berfungsi

sebagaimana mestinya. Setiap fitur diuji setidaknya satu kali untuk mengevaluasi apakah berjalan sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Kriteria keberhasilan pengujian didasarkan pada apakah fitur dapat berfungsi dengan benar, seperti splash screen yang tampil dengan baik, tombol yang dapat digunakan sesuai fungsinya, serta objek 3D yang muncul setelah *marker* dipindai, hasil pengujian menunjukkan bahwa semua fitur aplikasi berfungsi dengan baik sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

Tabel 1. Hasil pengujian fitur aplikasi

Fitur Aplikasi	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian
<i>Splash Screen</i>	Memulai aplikasi	<i>Splash screen</i> berhasil tampil dengan baik
Halaman Awal	Buka aplikasi, periksa panduan teks, lalu klik Mulai	Halaman awal menampilkan panduan teks. Tombol Mulai berfungsi dan membawa ke menu utama.
Menu <i>Utama</i>	Klik tombol <i>Start</i> , <i>About</i> , Tutorial, dan <i>Exit</i> satu per satu.	Tombol <i>Start</i> ke menu kategori, <i>About</i> menampilkan info, Tutorial ke panduan, <i>Exit</i> menutup aplikasi.
Menu Panduan	Klik tombol Panduan di menu utama	Menu Panduan tampil, tombol Mulai ke menu utama.
Menu <i>About</i>	Menekan tombol <i>About</i> di menu utama	Berhasil menampilkan menu <i>About</i> .
Menu Pilih Kategori	Klik kategori (Tata Surya, Galaksi, Bintang, Astronomi) dan tombol Kembali	Menu pilih objek tampil sesuai kategori yang dipilih
Menu Pilih Object	Pilih kategori, pilih objek, lalu klik Kembali	Menu Pilih Objek tampil sesuai kategori, tombol Kembali ke menu kategori
Halaman Sumulasi AR	Arahkan kamera ke <i>marker</i> objek yang dipilih.	Objek 3D muncul sesuai <i>marker</i> , tombol penjelasan tampil bersamaan
Halaman Penjelasan Objek	Klik tombol penjelasan objek, lalu klik Kembali	Halaman penjelasan objek tampil, tombol Kembali ke menu pilih objek
Tombol Keluar	Tekan Keluar di menu utama	Berhasil keluar dari aplikasi.



Gambar 5. Hasil tampilan *marker* ar 3d (A), dan (B) sesudah di *scan*

Selanjutnya, hasil pada gambar 5 adalah tampilan menu *marker* muncul ketika pengguna sudah memilih objek yang akan di pilih bisa di lihat pada gambar 5 (A) terdapat *marker teleskop hubble* pada gambar (B) adalah contoh object 3D muncul ketika *user* mengarahkan kamera ke *marker* yang telah pengguna pilih dan juga muncul *button* penjelasan yang ketika di pencet atau di tekan akan memindahkan pengguna ke halaman penjelasan objek yang telah di pilih.

Tabel 2 Hasil pengujian *usability*

Aspek Yang Diuji	Deskripsi Pengujian	Hasil Pengujian
Kemudahan Penggunaan	Seberapa mudah siswa mengoperasikan aplikasi	87% siswa menyatakan mudah digunakan
Tampilan Visual	Kualitas grafis dan animasi dalam aplikasi	80% menyatakan tampilan menarik
Responsivitas Aplikasi	Seberapa cepat aplikasi merespons perintah	Waktu rata-rata pemindaian <i>marker</i> : 2,1 detik
Pengalaman Belajar	Apakah aplikasi membantu memahami ruang angkasa	85% siswa merasa terbantu dalam memahami materi

Hasil pengujian *usability* yang ditunjukkan pada tabel 2, sebagian besar siswa merasa aplikasi mudah digunakan, memiliki tampilan yang menarik, serta memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibanding metode konvensional. Namun, ditemukan kendala pada deteksi *marker* dalam cahaya rendah dan lag pada perangkat dengan spesifikasi rendah, yang menjadi pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut. Sementara itu, pada tabel 3 adalah hasil pengujian terhadap gambar *marker* yang digunakan dalam aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap *marker* yang dipindai berhasil menampilkan objek 3D nya masing-masing. Seluruh hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi berjalan baik sehingga dapat didistribusikan (*distribution*) ke TK Aisyah Bustanul athfal.

Tabel 3. Hasil pengujian gambar *marker*

Marker	Skenario Pengujian	Hasil Pengujian
Matahari	Memindai <i>marker</i> Matahari	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Matahari
Merkurius	Memindai <i>marker</i> Merkurius	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Merkurius
Venus	Memindai <i>marker</i> Venus	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Venus
Bumi	Memindai <i>marker</i> Bumi	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Bumi
Mars	Memindai <i>marker</i> Mars	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Mars
Jupiter	Memindai <i>marker</i> Jupiter	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Jupiter
Saturnus	Memindai <i>marker</i> Saturnus	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Saturnus
Uranus	Memindai <i>marker</i> Uranus	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Uranus
Neptunus	Memindai <i>marker</i> Neptunus	Berhasil menampilkan objek 3D dan tombol penjelasan Neptunus

Pembahasan

Aplikasi buku pintar ruang angkasa AR dikembangkan dengan metode MDLC untuk menciptakan media pembelajaran interaktif berbasis AR, menggantikan metode konvensional yang kurang interaktif. Aplikasi ini menggunakan *Unity 3D*, *Vuforia SDK*, dan *Blender*, serta menampilkan objek 3D melalui pemindaian *marker* dalam buku. Fitur utama aplikasi meliputi **splash screen, menu utama, panduan, about, pilih kategori, pilih objek, simulasi AR, dan penjelasan objek**. Pengguna dapat memilih kategori dan objek yang diinginkan, kemudian memindai *marker* dalam buku untuk menampilkan model 3D interaktif. Selain memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif, aplikasi ini juga dilengkapi *barcode* pada buku yang memungkinkan pengguna mengunduh dan menginstal aplikasi secara langsung tanpa perlu mencarinya secara manual. Dengan integrasi ini, aplikasi membantu siswa dan guru dalam memahami konsep ruang angkasa secara lebih efektif.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi mampu menampilkan objek 3D dengan baik dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibandingkan metode konvensional. Pengguna dapat melihat objek 3D yang bergerak secara otomatis tanpa perlu interaksi tambahan, sehingga siswa dapat lebih fokus memahami bentuk dan struktur objek tersebut. Penerapan aplikasi di TK Aisyiyah Bustanul Athfal menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran ruang angkasa membuat materi lebih menarik dan mudah dipahami. Meskipun terdapat beberapa tantangan, seperti deteksi *marker* dalam pencahayaan rendah dan kinerja pada perangkat dengan spesifikasi lebih rendah, optimasi yang dilakukan berhasil meningkatkan stabilitas aplikasi. Keberhasilan aplikasi ini didukung oleh desain yang ramah pengguna, teknologi AR yang interaktif, serta integrasi visualisasi 3D yang mampu menyajikan konsep ruang angkasa secara lebih nyata.

Penelitian sebelumnya mengenai pembelajaran berbasis AR hanya menampilkan objek 3D Planet dari Tata Surya tanpa keterpaduan dengan media cetak, masih terdapat keterbatasan dalam keterlibatan siswa dan pemahaman materi (Azizah & Sejati, 2023). Pengembangan dalam penelitian ini terletak pada integrasi media cetak dengan aplikasi AR, di mana buku dilengkapi *marker* untuk memindai objek 3D serta *barcode* untuk mengunduh aplikasi. Fitur rotasi otomatis juga ditambahkan agar siswa dapat mengamati objek dari berbagai sudut tanpa interaksi manual. Implementasi di TK Aisyiyah Bustanul Athfal menunjukkan bahwa pendekatan ini meningkatkan pemahaman dan motivasi belajar dibandingkan metode sebelumnya. Implikasinya, pembelajaran berbasis AR tidak hanya bersifat visual tetapi juga lebih terstruktur dengan buku sebagai sumber utama materi.

SIMPULAN

Penelitian kami ini menunjukkan bahwa aplikasi Buku Pintar Ruang Angkasa berbasis AR dapat meningkatkan pemahaman siswa secara interaktif. Uji coba di TK Aisyiyah Bustanul Athfal membuktikan bahwa visualisasi 3D dan interaksi langsung dengan objek ruang angkasa membuat pembelajaran lebih menarik dan efektif. Integrasi buku cetak dengan sistem *marker-based tracking* juga terbukti mendukung pengalaman belajar yang lebih aktif. Meskipun ada tantangan seperti pencahayaan rendah dan keterbatasan perangkat, aplikasi ini berkontribusi dalam inovasi teknologi pendidikan berbasis AR dan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk berbagai jenjang pendidikan.

REFERENSI

Achmad A., Zainuddin Z., & Husain M. (2020). Augmented Reality 3D untuk Pengenalan Organ Tubuh Manusia. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 12(3), 233–240. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v12i3.680.233-240>

- Alparizi, S. R., & Sutarman, S. (2023). Aplikasi Media Pembelajaran Tumbuhan Langka Indonesia menggunakan Augmented Reality berbasis Android. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 356-365. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.23091>
- Amalia D., Rahmadayanti A., Suprianto B., & Riandi. (2022). Potensial Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Biologi Abad 21 : Literatur Artikel Dan Desain Inovasi Media. *BEST JOURNAL Biology Education Science & Tecnology*, 3(2), 43-48.
- Astuti I., & Mahardika A. (2021). Pengembangan dan Testing Marker 3D Printed Model pada Aplikasi Augmented Reality Planet Tata Surya. *Jurnal Sistem Informasi Sistematis*, 10(3), 701-711. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v10i3.1465>
- Azizah M., & Sejati R. (2023). Penerapan Teknologi Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran Interaktif Tata Surya. *Jurnal Pendidikan Informatika Edumatic*, 7(2), 316-325. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.22531>
- Cahyono N., & Saputra R. (2023). Pengujian Device dan Blackbox pada Aplikasi Augmented Reality Alat Musik Tradisional Yogyakarta. *Journal of Information System Research (JOSH)*, 4(3), 767-774. <https://doi.org/10.47065/josh.v4i3.3148>
- Dermawan R., & Yuliane Y. (2020). Perancangan media pembelajaran interaktif bertema luar angkasa. *Jurnal Kreasi Seni Dan Budaya VISUALHERITAGE*, 2(03), 215-225. <https://doi.org/10.30998/vh.v2i03.910>
- Fidela, S. Z., & Sejati, R. H. P. (2023). Penerapan Augmented Reality pada Pengenalan Hewan Purbakala berdasarkan Jenis Makanan berbasis Android. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 297-306. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.22123>
- Fitria T. (2023). Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) Technology in Education: Media of Teaching and Learning: A Review. *International Journal of Computer and Information System (IJCIS) Peer Reviewed-International Journal*, 04(01), 2745-9659. <https://doi.org/10.29040/ijcis.v4i1.102>
- Hartanti D., & Kurniawan M. (2022). Buku Literasi Augmented Reality sebagai Media Pendukung Pembelajaran Aspek Keaksaraan AUD. *Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini Jurnal Obsesi*, 6(4), 3100-3110. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i4.2042>
- Havisa S., Solehun., & Putra T. (2021). Pengaruh Metode Suku Kata Menggunakan Media Kartu Huruf terhadap Kemampuan Membaca Permulaan Siswa Kelas I SD Muhammadiyah Majaran Kabupaten Sorong. *Jurnal Papeda*, 3(1), 23-31. <https://doi.org/10.36232/jurnalpendidikandasar.v3i1.765>
- Ilham, M. I., & Asriningtias, Y. (2023). Aplikasi Mobile Augmented Reality untuk Mendukung Pengenalan Aksara Sunda. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 426-434. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.23602>
- Jastradaf, M. L. S. K., & Asriningtias, Y. (2023). Aplikasi Teknologi Augmented Reality untuk Media Pembelajaran Olahraga Renang. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 406-415. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.23234>
- Lestari, S., Sutarman, S., & Diwandari, S. (2023). Pengenalan Sayur dan Buah untuk Anak Autis berbasis Multimedia Augmented Reality. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 386-395. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.23219>
- Maulana D., Firmansyah A., & Mawarni S. (2022). Implementasi Metode Multimedia Development Life Cycle pada Game Visual Novel "Sebelum Kamu Membenciku." *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 8(2), 337-351. <https://doi.org/10.37012/jtik.v8i2.1283>
- Naba C., Akbar M., & Supianto A. (2022). Pengembangan permainan edukasi berbasis augmented reality untuk pembelajaran senyawa hidrokarbon bagi siswa sekolah menengah atas (sma). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer JTik*, 9(3), 631-638. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202295743>

- Paembonan T., & Ikhsan J. (2021). Supporting students' basic science process skills by augmented reality learning media. *Journal of Educational Science and Technology*, 7(2), 2477–3840. <https://doi.org/10.26858/est.v7i2.19448>
- Purwati Y., Sagita S., Utomo F., & Baihaqi W. (2020). Pengembangan media pembelajaran tata surya berbasis virtual reality untuk siswa kelas 6 sekolah dasar dengan evaluasi kepuasan pengguna terhadap elemen multimedia. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer JTik*, 7(2), 259–266. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202071894>
- Putri, E. J., Sutarman, S., & Diwandari, S. (2023). Aplikasi Media Pembelajaran Aksara Jawa untuk Siswa Sekolah Dasar menggunakan Augmented Reality berbasis Android. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 7(2), 376-385. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v7i2.23201>
- Rachim M., Salim A., & Qomario. (2024). Pemanfaatan augmented reality sebagai media pembelajaran terhadap keaktifan belajar siswa dalam pendidikan modern. *Jurnal Riset dan Inovasi Pembelajaran JRIP*, 4(1), 594–605. <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i1.1407>
- Rahmaningtyas I., & Haryadi P. (2022). Perbedaan Minat Baca Buku Elektronik (E-Book) dan Buku Konvensional pada Era Globalisasi di Kalangan Mahasiswa Prodi Kebidanan Kediri Poltekkes Kemenkes Malang. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan JIIP*, 5(6), 1827–1832. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i6.643>
- Rofi A., Saputra D., Yonanda D., & Febriyanto B. (2023). Implementasi Media Pembelajaran Augmented Reality (AR) dalam. *Jurnal Elementaria Edukasia*, 6(1), 344–350.
- Santi L., Nuriman., & Mahmudi K. (2022). Menjelajah angkasa luar kelas VI sekolah dasar. *Sekolah Dasar: Kajian Teori Dan Praktik Pendidikan*, 31(2), 78–86. <https://doi.org/10.17977/um009v31i22022p078>
- Sentarik I., & Kusmaryanti N. (2020). Media pop-up book pada topik sistem tata surya kelas VI sekolah dasar. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, 4(2), 197–208. <https://doi.org/10.23887/jisd.v4i2.25135>
- Syahidi, A. A., Asyikin, A. N., Sania, R., & Subandi, S. (2021). Implementation and Evaluation of User Experience on Mobile Augmented Reality Technology-Based Brochure Applications. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(2), 137-146. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i2.3404>
- Tohir A., Handayani F., Sulistiana R., Wiliyanti V., Arifianto T., & Husnista L. (2024). Analisis penerapan augmented reality dalam proses pemahaman pembelajaran. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran JRPP*, 7(3), 8096–8102.
- Untari R., Hasanah F., Darmawan M., Wardana K., & Jazuli M. (2022). Pengembangan Augmented Reality (AR) Berbasis Android Pada Pembelajaran Pemodelan Bangun Ruang 3D. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 7(3), 190–196. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v7i5.15238>